

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Grundlagen der Datenkompression	5
2.1	Informationsgehalt und Entropie	5
2.2	Kriterien zur Kompressionsbewertung	10
2.2.1	Kompressionsverhältnis	10
2.2.2	Signalqualität	10
2.2.3	Rate-Distortion-Funktion	13
2.2.4	Merkmale eines Kompressionsalgorithmus	14
2.3	Redundanz und Irrelevanz	15
2.3.1	Redundanz	15
2.3.2	Irrelevanz	16
2.4	Testfragen	17
3	Datenreduktion	18
3.1	Allgemeines	18
3.2	Modifikation der Abtastrate	19
3.2.1	Unterabtastung	19
3.2.2	Überabtastung	20
3.3	Quantisierung	22
3.3.1	Skalare Quantisierung	22
3.3.2	Vektorquantisierung	27
3.4	Praktische Anwendung	30
3.5	Testfragen	31
4	Entropiecodierung	32
4.1	Codierungstheorie	33
4.2	Morse-Code	34
4.3	Shannon-Fano-Codierung	35
4.4	Huffman-Codierung	37
4.5	Golomb- und Rice-Codes	39
4.5.1	Golomb-Codes	39
4.5.2	Rice-Codes	41
4.5.3	Exponentielle Golomb-Codes	43
4.6	Decodieren von Präfixcodes	43

4.7	Arithmetische Codierung	47
4.7.1	Festkomma-Implementierung	49
4.7.2	Beschleunigte Implementierung	56
4.7.3	Binäre arithmetische Codierung	59
4.8	Codierungsadaptation	61
4.8.1	Semi-adaptive Anpassung von Präfixcodes	61
4.8.2	Kontextbasierte Codierung	61
4.8.3	Anpassung durch Sortieren	63
4.8.4	Voll-adaptive Anpassung von Präfixcodes	64
4.8.5	Adaptation der arithmetischen Codierung	65
4.9	Codierung von sehr großen Symbolalphabeten	65
4.10	Testfragen	68
5	Präcodierung	70
5.1	Informationstheoretische Grundlagen	70
5.1.1	Markow-Modell	71
5.1.2	Bedingte Entropie	74
5.1.3	Verbundwahrscheinlichkeit	75
5.1.4	Verbundentropie	76
5.1.5	Praktische Implikationen	78
5.2	Lauf längencodierung	80
5.2.1	Allgemeine Codierung mehrwertiger Signale	80
5.2.2	Signale mit einem speziellen Symbol	82
5.3	Phrasen-Codierung	83
5.3.1	Der LZ77-Algorithmus	84
5.3.2	Der LZ78-Algorithmus	84
5.3.3	Der LZW-Algorithmus	86
5.4	Blocksortierung	89
5.4.1	Vollständiges Sortieren	90
5.4.2	Sortieren mit begrenzter Sortierungstiefe	92
5.5	Bit-Markierung	94
5.6	Viererbäume	95
5.7	Maximalwert-Codierung	96
5.8	Minimalwert-Bäume	97
5.9	Testfragen	99
6	Techniken zur Dekorrelation	102
6.1	Was ist Korrelation?	102
6.2	Prädiktion von Signalwerten	107
6.2.1	Einfache lineare Prädiktion	108

6.2.2	Lineare Prädiktion höherer Ordnung	110
6.2.3	Prädiktion mit Quantisierung	112
6.2.4	2D-Prädiktion	112
6.2.5	Nichtlineare Prädiktion	115
6.2.6	Der Wertebereich von Prädiktionsfehlern	118
6.2.7	Anmerkungen	119
6.3	Transformationen	120
6.3.1	Diskrete Transformationen	120
6.3.2	Orthogonale Transformation	122
6.3.3	Biorthogonale Transformation	124
6.3.4	Diskrete Fourier-Transformation (DFT)	124
6.3.5	Karhunen-Loève-Transformation (KLT)	125
6.3.6	Diskrete Kosinus-Transformation (DCT)	125
6.3.7	Diskrete Sinus-Transformation (DST)	126
6.3.8	Diskrete Walsh-Hadamard-Transformation (WHT)	127
6.3.9	Diskrete Wavelet-Transformation (DWT)	128
6.3.10	Fraktale Transformation	135
6.4	Filterbänke	140
6.4.1	Zwei-Kanal-Filterbänke	141
6.4.2	Oktavfilterbänke	151
6.4.3	2D-Filterung	156
6.4.4	Beste Basen — Wavelet-Pakete	158
6.4.5	Implementierung von Filterbänken	159
6.4.6	Das Lifting-Schema	163
6.5	Kompressionssysteme	170
6.6	Testfragen	171
7	Wahrnehmung und Farbe	174
7.1	Visuelle Wahrnehmung	174
7.1.1	Netzhaut und Sehnerven	174
7.1.2	Die Lichtempfindung	176
7.2	Farbsysteme	178
7.2.1	Was ist Farbe?	178
7.2.2	CIE-Normfarbtafel	179
7.2.3	Der RGB-Farbraum	180
7.2.4	Der CMY-Farbraum	182
7.2.5	Der HLS-Farbraum	182
7.2.6	Yxx-Farbräume	183
7.2.7	Farbpaletten	191
7.3	Testfragen	193

8 Standards zur Einzelbildkompression (JPEG)	194
8.1 Historie	194
8.2 JPEG	196
8.2.1 DCT-basierte Kompression	196
8.2.2 Die Arbeitsmethoden	203
8.2.3 JPEG-Syntax und Organisation der Daten	210
8.2.4 Kompressionsergebnisse	219
8.3 JPEG-LS – Verlustlose Kompression	226
8.3.1 Der Kompressionsalgorithmus	226
8.3.2 Encodierungsprozeduren	227
8.3.3 Das Datenformat	233
8.3.4 Resultate der verlustlosen Kompression	236
8.4 JPEG 2000 – Waveletbasierte Kompression	240
8.4.1 Das Kompressionsverfahren	241
8.4.2 Die Datenstruktur	249
8.4.3 Dateiformat-Syntax (JP2)	258
8.4.4 Erweiterungen im Part 2	258
8.4.5 Kompressionsergebnisse im Vergleich	259
8.5 Testfragen	261
9 Grundlegende Verfahren zur Bildsequenzkompression	263
9.1 Struktur eines Video-Codecs	263
9.2 Bewegungsschätzung und -kompensation	265
9.2.1 Bewegungsarten und Schätzverfahren	265
9.2.2 Block-Matching	266
9.2.3 Warping	274
9.3 Kompression von zeitlich vorausgesagten Bildblöcken	274
9.4 Testfragen	275
10 Standards zur Bildsequenzkompression	276
10.1 Einführung	276
10.2 Bildformate	279
10.3 MPEG-Systemschicht	281
10.4 Kompressionsverfahren (MPEG-1/2)	282
10.4.1 Struktur von Video-Elementarströmen	282
10.4.2 Verarbeitung von I-Bildern	284
10.4.3 Verarbeitung von P- und B-Bildern	286
10.4.4 Bewegungskompensation	287
10.4.5 Bitratensteuerung	287
10.4.6 Besonderheiten von MPEG-2	287

10.5 H.263 und MPEG-4	290
10.5.1 H.263	290
10.5.2 MPEG-4	291
10.6 H.264	297
10.6.1 Grundkonzept	297
10.6.2 Dekorrelation	299
10.6.3 Quantisierung	307
10.6.4 Codierung	309
10.6.5 Filter zur Unterdrückung von Blockartefakten	310
10.6.6 Profile und Levels	312
10.6.7 Erweiterungen	313
10.7 High Efficiency Video Coding (H.265)	314
10.7.1 Motivation	314
10.7.2 Bildstruktur	314
10.7.3 Dekorrelation	317
10.7.4 In-Loop-Filter	328
10.7.5 Codierung	332
10.7.6 Werkzeuge zur parallelen Verarbeitung	334
10.7.7 Erweiterungen	335
10.8 Testfragen	345
A Testbilder	347
B Ableitung der DCT (Type II) aus der DFT	351
C Ableitung einer DST aus der DFT	354
D JPEG Decodier-Beispiel	357
E JPEG 2000 Codier-Beispiel	378
F Quelltexte	381
G Lösungen zu ausgewählten Aufgaben	390
Formelzeichen und Abkürzungen	393
Literatur	398
Sachwortverzeichnis	414